新制靈臺儀象志

儀象志

卷之四

新製靈臺儀象志卷之四

治理歷法極西南懷仁纂著

右監副劉蘊德筆受
春官正孫有本
秋官正徐瑚詳受

驗氣說

氣者。四元行之一。葢天之於地。有上中下域。上域近火。近火常熱。下域近水土。水土常爲太陽所射。故氣煖也。中域上遠於天。下遠於地。故寒也。然則各域之界。由何而分。今姑以極峻之山。畫三界以喻之。山之巔爲上域。風雨之所不至者也。故其氣極清。而人與物不可居焉。其下爲中域。霜雪必爾凝結也。又其下則爲下域。而其寒煖之分。又有輕重厚薄

之不同焉。若南北二極之下。因遠太陽。則上下之煖處薄。中之寒處厚。若赤道之下。因近太陽。則上下之煖處厚。中之寒處薄。以是知氣域之不齊也。

四元行之中。惟氣行為最易變。以氣在天地之間。上依星辰異照。下依土水異情。其星辰各有德性。而資育萬物者也。然各曜又因相會相對之勢。而變異其情。則其効遂因之而亦異。且氣甚微甚順。易受諸天之變。諸効之染

也。但其所爲易變者。難以分別。而大槩則自冷熱乾濕而來。然能驗其爲然者。則全賴人觸覺之官。蓋人之五官所司。惟觸司頑鈍而不能顯証其氣細微之變。其觸司所以能覺者。賴一身脈絡所通之肌膚。何以言之。如有外熱攻伐吾身。而身內之本熱與之相等。則觸司必不之覺也。惟外來之熱。有過不及於吾身之熱。而人之觸司方能辯其熱之强弱也。故仁　特造一器。而藉視司。即五司之最靈者。以補足觸司之所不

及焉。其器之屬有三。一作法。一用法。一効驗之所以然。所謂作法者。用玻璃器。如甲乙丙丁。置木板架。如一百九圖上毬甲。與下管乙丙丁相通。大小長短。有一定之則。木架隨管長短分三層。以象天地間元氣之三域。下管之小半。以地水平爲準。其上大半兩邊。各分十度。其所畫之度分。俱不均分。必須與天氣寒熱加減之勢相應。故其度分離地平線上下近遠若干。則其大小應加減亦若干。假如冬月

在本球內之天氣加厚。而其從前所占八寸之地。自收斂而歸於二寸之地。若五日內。如皆八分之冷。則球內之氣第一日加厚一寸。第二日不及一寸。第三日不過五分。第四五日加至三分而不動矣。若六日內八分之冷氣與此相同。而其加厚之寸分每日不同。蓋冷熱之驗有所必然者。故候氣之具。自與之相應。而以冷熱之度。大小不平分相對之。至於用之法頗多。總歸于一。卽所謂辨冷熱之

分是也。冷熱者。天地萬變之所起。造化之功所由成也。今姑舉其用之有四以驗之。一測天氣。一測地氣。一測人物氣。一測月星等之氣。先以測天氣言之。天之氣晝夜無間而無不變易。在卯酉子午時。其氣之升降不同。器內之水亦應之。如卯時太陽上地平。天氣加熱而升。午時氣更熱而更升。氣升降之理有本論在乙庚管之水亦然。酉時太陽下地平。而天氣降。子時更降。在管之水隨之。而歸於地平。如明

日較今日天氣熱冷若干。而在管之水因而升降亦若干。葢晝夜如此。而周年每節氣日亦如此。是以冬氣與春氣。又春氣與夏秋等氣彼此相比。因管之水升降度分若干。可以推其冷熱若干。又今年之節氣。於次年之節氣。彼此相比亦然。欲辯東西南北等風之氣何如。則以此管對之。風熱則水必升。風冷則水必降。捷如影響。毫不爽焉。又以測地氣者言之。凡山谷房屋上下左右之地氣。其清濁

輕重乾濕諸理。即以冷熱之分。而大畧可推焉。蓋凡此諸氣之理。或從冷熱而生。或因他有而起。則冷熱隨之。元行之輕而且微。以其所染外氣易入人物而薰染之。由是推知人物之智愚強弱病否諸理。皆感受於其各地之氣。而有所異焉。今欲辨其各地之氣何如。則置此器於地內。少頃視水之升降。可以別其地氣之冷熱矣。又以測人物之氣者言之譬有兩人于此。其齒同。欲分別其氣質何如。

則儀之各摩上球甲。至刻之一二分。一分即六十秒。定分秒之法有本論。大約以脈一至。可當一秒。視水升降若干。則兩人之氣質分矣。醫者用是法。可定病之輕重進退。亦可以別藥材花草等香味力氣。以定其性之溫熱平冷。其用無窮也。又以測太陰金木等星之情氣者言之。或曰。天星之光下照必同帶熱氣。今欲辨之。則用此器而對太陰之光。則乙庚之水。必退分數而向地平。若有他物遮隔其光。則水必上地平而歸原數。

故知太陰之光。全屬冷氣。測金木等星之情氣、皆倣此。但星光愈微。則所用測器、必愈大矣。又以升降之所以然者言之。夫水之升降。爲熱冷之效固矣。然其故何也。蓋如上球甲。一觸外來熱氣。則內所含之氣稀微舒放奮力充塞。則球隧旣無所容。又無隙漏可出。勢必逼左管之水。從地平而下至丁。右管之水。從地平而上至戊矣。此熱之理所必然也。若冷之理則反是。蓋冷氣於凡所透之物。收斂、

疑固、如本球甲。一觔外來之冷氣。則內所含之氣必收斂。左管之水。欲實其虛。故不得不强之而上升矣。總之天下之物。皆貫通聯屬。必相濟而後能相保。此空虛之所以必欲其實也。令甲丁之氣。既被外冷而收斂。則原占之所。較前必小。假如前占甲丁之所。而自收斂之後。不過甲巳耳。設丁丙水不上以至巳。則巳丁之管。盡無氣而空矣。然物性既不容空。則丁丙之水勢不得不强升以補之。假使

塞管之口。而不使通外氣。則甲丁內氣爲外冷所逼。勢必收斂凝固。雖甲丁之器爲銅鐵所成。必自破裂。而受外氣。以補盈其空闕矣。又自外來之氣甚熱。而內氣必欲舒放。無隙可出。則甲丁既無所容。亦必自破裂而奮出矣。

測氣燥濕之分

夫燥氣之性。於凡物之所入。即收斂而固結之。濕氣之性反是。欲察天氣燥濕之變。而萬物

中。惟鳥獸之筋皮。顯而易見。故借其筋弦以為測器。見一百九圖　法曰。用新造鹿筋弦。長約二尺。厚一分。以相稱之斤兩墜之。以通氣之明架。空中橫收之。上截架內緊夾之。下截以長表穿之。表之下安地平盤。令表中心。即筋弦垂線。正對地平中心。本表以龍魚之形為飾。驗法曰。天氣燥。則龍表左轉。氣濕。則龍表右轉。氣之燥濕加減若干。則表左右轉亦加減若干。其加減之度數。則於地平盤上之左右

邊明畫之。而其器備矣。其地平盤上面界分左右。各畫十度。而濶狹不等。爲燥濕之數。左爲燥氣之界。右爲濕氣之界。其度各有濶狹者。葢天氣收斂其筋弦。有鬆緊之分。故其度有大小以應之。譬如人用力緊綳一物。初用八分之力。其物可旋繞一周。再用八分之力。物繞不及一周。復再用八分之力。而物繞則僅半周矣。其用力同。而旋繞不同。夫天氣加減燥濕之氣。收斂筋弦之理。亦有然者。凡欲

分別東西南北各方之風氣。或上下左右各房屋之氣。燥濕何如。以此器驗之。無不可也。夫氣之有厚薄也。疏密也。輕重也。加減而遞相爲焉。何以明其然邪。今以氣自然所在之地。爲七十分之一分。而設言之。假如有氣於此其自然所在之地。止能盈寸。若用法以强之。則此一寸之氣能放而盈七十寸之地。又有氣於此。其自然所在之地。則盈七十寸。若用法以强之。而即拏斂於一寸之地。此諸氣

厚薄輕重之力。與諸測法也。其强之法與器詳見水法之本論。

測天諸氣之法。於蒙氣之差所係爲最大。其差加減之於高度。則其所測之合天與否可定也。其測法并其差表。具載日躔曆指諸書中。但蒙氣差細微之處極繁。不過數分秒耳。今姑舉他體通廣之差。并其測法差表以明其理。而推廣夫儀器之用法。夫通廣之體有二。一光明易爲透徹。一難透徹。皆由本體各

有厚薄之分。厚薄有加減。則其所通光之差。亦因之而有加減。又凡其所差。以天頂線爲主。其頂線則立於光所初入之地。夫日月諸星之光。若從易通光之體。而難入通光之體。則其所透之光。必向頂線而凝聚矣。若從難通光之體。而入易通光之體。則其所透之光。必離頂線而漁散矣。見一百十三圖假如丙丁爲水盈之盤。於其底而置一錢。而錢所升之象。與太陽之升光。同一理也。其象交水盤之邊而

初入空明之氣。若立頂線如壬丙巳。則明見其象不依直線而射於乙。必更離於壬丙巳頂線而偏射於辛。因從難透之水體入易透之氣體故也。又試觀空明之地。如辛有光而以頂線壬丙巳。從本盤之底巳至立水面丙。立有直表。而辛光之一道。照至於丙點。其光道與表影。不依直線而射戊地。必依曲線向下丙巳頂線而偏於甲。因從易透空明之氣體入難透之水體故也。其測法。用兩象限儀

一在水面上。一正對於水面下。見一百十四圖。而以水中表影所射之度數。對比於水外日高之度數。假如東西壬辛爲半球空影。其東西全徑。於地平線平行。其壬東辛西兩象限儀。各平分九十度。兩象限儀相對。同穿於壬辛頂線軸上。而任意左右轉移。以對於太陽之高度。次半球形。用水盈之地平東西之線令齊。而甲乙窺衡表對於太陽之高度。則半徑辛乙表端之影。水中所對射之度數爲氣水高

下差之度數矣。若不用日光。則目依窺衡表甲乙線。水中所窺對之度數。爲氣水差之度數也。今照比例法。列爲六等之表。以明三等體所通光之差。各體立氣水等差二表。見於後篇。今約舉數端以解之。

水差者。光既從空明之氣而入透於水。則其水中所射之高度。比在空明氣之高度所差若干度分也。見一百四圖。假如太陽空明處距天頂線八十度。而其射光一道。徑過半徑表端

甲。若圓球形之器內無水。測其光道與表影在圓羅內。依徑線正射八十度矣。若充其水齊邊。測其光道。止射五十度矣。因而通氣通水之光道差三十度。爲其玻璃差者。則光或是物象同一理從空明之器透玻璃。離於徑線近遠之差也。見上氣水差之圖。而以丁線爲直徑線。以水盈之圓球形。爲玻離球形也。凡玻璃望遠顯微等鏡。其所以發現物象近遠大小暗明正斜之衆端。皆可從此差之理而明之。

詳見本論。

水氣差者。則光或物象。從水中升出。而射空明之氣。其所以射光之線。水內氣內各離頂線近遠不同之差也。假如射光之道。其在水內。離頂線五十度。其在空明氣內。離本頂線六十五度。兩差十五度。則此推表之度數。準合於儀器之所測矣。試於大盂內。照氣水差表。製界節氣線日晷。盂中注水。與表端齊。則太陽之光照表。其表影盂底。正對於本日節

氣線及時刻纖毫不爽也若盂內無水則表影與本節氣線不對而大謬矣其照界節氣線日晷依常法空明氣中製之則表端與本節氣線難免有過不及之差今依氣水差表製之豈有表影與其所測之高度不相合者哉

諸曜出入地平蒙氣廣度差表

諸曜出入地平。必在蒙氣之中。故其出入之廣度。有加分。有減分。北加而南減。多寡不等。依各地北極之高度多寡不等也。今依蒙氣之高差最大者三十四分。而推其出入廣度之差分。悉照各方極之出地之高度。列表如左。

極高度	蒙氣差度	分	秒
四	〇	〇二	二二
六		三	二二
八		四	三四
一〇		六	〇〇
一二		七	一五
一四		八	三三
一六		九	五〇
一八		一一	〇七
二〇		一二	二五
二二		一三	五〇
二四		一五	一七
二六		一六	四五
二八		一八	一二
三〇		一九	四〇
三二		二一	二四
三四		二三	一〇
三六		二四	五六
三八	〇	二六	四三
四〇		二八	四三
四二		三〇	五三
四四		三三	一七
四六		三五	四四
四八		三八	〇八
五〇		四〇	三二
五一		四二	二二
五二		四四	二二
五三		四六	〇二
五四		四七	五二
五五		四九	四二
五六		五一	三二
五七		五三	二二
五八		五五	一二
五九		五七	〇三
六〇		五八	五五

氣水等差表

氣水差者。即光及物象從氣入水。而斜透水內高度之差也。所謂水氣差者。即光從水入氣而斜透。則氣內高度之差也。氣玻璃差及水玻璃差等。俱倣此。皆以光離天頂之遠近為主。假如太陽離天頂緑四十度。氣水差表內相對為三十度。其相差者乃十度也。水氣差表內相對之度為五十一度。其差則十一度也。氣玻璃差表內相對之度為二十五度。則所差為十五度也。其餘倣此

氣水差全表

距天頂度	度	分
一	〇	四六
二	一	三三
三	二	二〇
四	三	七
五	三	五四
六	四	四〇
七	五	二七
八	六	一三
九	七	〇
一〇	七	四六
一一	八	三二
一二	九	一八
一三	一〇	四
一四	一〇	五〇
一五	一一	三六
一六	一二	二二
一七	一三	九
一八	一三	五五
一九	一四	四〇
二〇	一五	二五

距天頂度	度	分
二一	一六	一
二二	一六	五七
二三	一七	四二
二四	一八	二七
二五	一九	一二
二六	一九	五六
二七	二〇	四〇
二八	二一	二五
二九	二二	一〇
三〇	二二	五〇
三一	二三	三八
三二	二四	二一
三三	二五	四
三四	二五	四七
三五	二六	三〇
三六	二七	一三
三七	二七	五五
三八	二八	三七
三九	二九	一九
四〇	三〇	〇

距天頂度
四一
四二
四三
四四
四五
四六
四七
四八
四九
五〇
五一
五二
五三
五四
五五
五六
五七
五八
五九
六〇

度	分
三〇	四一
三一	二三
三二	二
三二	四二
三三	二二
三四	二
三四	四一
三五	一九
三五	五七
三六	三五
三七	一二
三七	四七
三八	二四
三九	〇
三九	三五
四〇	九
四〇	四三
四一	一七
四一	四九
四二	二一

距天頂度	度	分
六一	四二	五一
六二	四三	二三
六三	四三	五三
六四	四四	二二
六五	四四	五〇
六六	四五	一七
六七	四五	四四
六八	四六	一〇
六九	四六	三四
七〇	四六	五八
七一	四七	二一
七二	四七	四三
七三	四八	三
七四	四八	二三
七五	四八	四三
七六	四九	一
七七	四九	二七
七八	四九	三三
七九	四九	四七
八〇	五〇	〇

距天頂度	度	分
八一	五〇	一二
八二	五〇	二三
八三	五〇	三二
八四	五〇	四一
八五	五〇	四八
八六	五〇	五四
八七	五〇	五八
八八	五一	二
八九	五一	三
九〇	〇	〇

距天頂度	氣水差 度	氣水差 分	氣玻璃差 度	氣玻璃差 分	水玻璃差 度	水玻璃差 分
一〇	七	四六	七	〇〇	九	三八
二〇	一五	二五	一三	三〇	一八	三〇
三〇	二二	五〇	一九	三〇	二七	〇
四〇	三〇	〇	二五	〇	三五	〇
五〇	三六	三五	三〇	〇	四二	三〇
六〇	四二	二一	三四	三〇	四九	三〇
七〇	四六	五八	三八	三〇	五六	〇
八〇	五〇	〇	四二	〇	六二	〇

距天頂度	水氣差 度	水氣差 分	玻璃氣差 度	玻璃氣差 分	玻璃水差 度	玻璃水差 分
一〇	一二	五	一三	〇	一〇	三〇
二〇	二四	三〇	二六	三〇	二	三〇
三〇	三七	三〇	四〇	三〇	三三	〇
四〇	五一	〇	五五	〇	四五	〇
五〇	六五	〇	七〇	〇	五七	三〇
六〇	七九	三〇	八五	三〇	七〇	三〇
七〇	九四	三〇	一〇一	三〇	八四	〇
八〇	一一〇	〇	一一八	〇	九八	〇

論飛葭之無合於歷

如前驗氣之法。其微妙如此。且不可以測天上之節氣分也。况葭管飛灰。其術莫驗。又安所用之哉。故凡引鍾律以爲驗節氣法者。不過欲附會欺世。而擾紊歷法耳。天其可欺也哉。

今約舉四端以辯之。

一春分之日。太陽正交赤道之日也。萬國同是此日。故萬國同日皆可以測驗飛灰候氣。全係地氣。地氣有冷熱乾濕之不同。萬國有

不同之地氣無不一之春分也

二每年太陽一交赤道便爲春分則春分萬年如一永不改變若地氣至春分時各國每年改變不同設欲以地氣測春分則春分年年不同矣

三春分只有一日春分前後幾日地氣乾濕冷熱大概相同難以分別況春分等節氣只在本日一刻之間本日自朝至暮地氣亦大概如一又難以分別何可就地氣以測定春

分在某日某時刻乎。

四地氣本乎地勢。或傍山。或近江湖。常有變換。又有風雨雲霧皆能變易地氣。春分之日。全憑太陽交赤道度。距地甚遠。與地何涉。豈可以多變之地氣測驗不變之春分也。

測中域雲高度之法

假如空際有雲象（見一百十圖）其一端爲甲。兩人各用象限儀。一從乙處。一從丁處。（從丙處更便。）測其高度。因于甲乙丁三角形內。得其三角。并乙丁線之步數。故照法推知甲乙線。今以甲戊線。爲從雲而下之垂線。甲乙戊三角形內旣得甲乙線。而甲戊乙爲直角。則依勾股法之理推知甲戊線之步數。而可得雲之高度矣。虹霓諸類之高度。與雲象諸測法皆倣此。其

測彗孛新星等。另有本論。若測雷起處。距地近遠等。則以測時刻分秒之垂球儀。可推而知也。詳見別集。

測空際異色并虹霓珥暈諸象

格物家論色之異有二。一眞實。一幻妄。何謂眞實。蓋從寒熱燥濕四元行之情相交而生。然必雜體可見。而純體不可見也。何謂幻妄。蓋從光照物體退返之勢而生。雖易顯著。亦易渙散。夫二者。亦各分五等。正相反者有二。純白純黑是也。又中等者有三。黃紅青是也。由是五等。彼此相交相變。而各色生矣。見一百十一圖姑以各色玻璃相交映之勢言之。于一密室

中。戶牖皆閉。務令幽暗。或戶或牖。微開一隙。其大小與玻璃相稱。而以通日光隙內。置各色玻璃。用潔白紙對之。其日光透射玻璃。玻璃所映之色。必映于紙上。如隙內並置玻璃兩片。一黃色。一紅色者。則紙上必現黃金之色矣。如並置兩片一黃一青者。則紙上必現綠色矣。如並置兩片一紅一青者。則紙上必現紫色矣。餘倣此。若以銅圓柱鏡。對于通日光之隙。則周圍返照之光。而五彩虹霓之象

俱顯矣。至于各色明麗深淺濃淡之加減，則隨其圓柱鏡之光有斜正返照之勢而生焉。蓋圓柱鏡返照之日光愈斜，則其所映之光愈昏，而其色之變異遂去日之原光愈遠矣。若夫真實之色，別有闡發，今止就幻妄之色而論之。大凡有形象者，皆由質模作爲四者而成諸異色也。其質者，即空際之氣也。氣必稍厚而密，方可成色。其模者，即光也。光道愈密，則各色必愈明麗矣。其作者，即太陽與射

光之星月也。其爲者。卽六合品彙之全。而萬有之美也。其色之異者。或由夫氣質之厚薄。或由夫光輝之進退。或由夫空際之異勢。葢凡光照空際之體厚。則其所生之色。必深而黑若體稍薄而濕。則其色必青。若又稍薄。則其色必紅。若體薄甚。則其色青綠。若體精而稍厚。色則爲黃矣。卽日月星辰之異色。多爲空際之所映射而致。正如火焰之異色由烟氣熏灼而成耳。

夫空際彩色之異。從雲氣之厚薄而生。前論已悉之矣。今更借玻璃之五彩以明之。如三稜角玻璃。從每角起至對角而止。則玻璃之體漸次加厚。見一百十二圖甲乙戊巳。爲三稜角玻璃。分三等厚薄之界線。因而所見彩色約分三等焉。如香圓色。紅花色。天青色是也。其餘諸色。從此三色交映而生。蓋太陽之光。斜透玻璃。必多混雜。其玻璃厚薄若干。則日光混雜亦若干。而其所現彩色濃淡。即若干矣。如

玻璃上層甲乙。較他層更薄。日光易透。故其所映之光稍混。而彩色與原光相近。其所現之色淺淡。如香圓色是也。玻璃下層戊巳。較他層厚甚。日光難透。故其所映之光朦混。而彩色與原光相遠。其所現之色深濃。如天青色是也。玻璃中層在厚薄之間。故人目透視之日光其彩色乃在青黃之中。如紅花色是也。然則日光之濃淡昏明。無不從玻璃之厚薄而生也。審此。則玻璃所現之彩色。與虹霓

之彩色。其理固無異矣。又虹霓本然之妙。及
其所以然之奇。爲衆象首。原夫虹霓乃潤雲
彼日對照。而成多色之弧也。葢雲者。虹之質。
而雲之潤。乃所以必成其虹質之勢也。一被
日對照。而虹乃由之以成矣。夫雲非當其化
雨。則不能生虹。而雲非承日光。則虹無由而
成。又日光非正對。則虹又無由而成。故虹之
見也。必朝西而暮東。亦或東北也。曰弧者。虹
形之曲也。曰多色者。別虹于諸色他弧他象

也。次日同時多虹可成。假如日當于午。東西方各有雲氣。日光照之。遂成虹矣。但因人目限于一方。止見其一。而不能并見其他耳。假使一方而有二雲。日光照之。其一正對者變虹矣。而其廻光照及相近之雲。又二變而為虹矣。又由此雲所照之日光。退傳至于他雲。又三變而為虹矣。若論其色之奇。三變不如其二變。二變不如其初變。蓋初所變之虹。則受日光之正照。而二變與三所變之虹。不過

受斜退之光已耳虹色雖多約分為三上如香圓色也中如青草色也下如紅花色也然其所以不同之故由于雲之厚薄與勢故雲之上白而且薄接日之照則現黃色中之體厚則現綠色其下尤厚則現紅色矣至若雲之厚薄之異由于氣之勢異也氣之輕且薄者騰愈高接日光愈淡其迴光愈弱所生之色愈輕淡矣氣之濁且厚者騰愈下日光愈淺其迴光愈强所生之色愈濃深矣至言二

變之虹、較之初變之虹色雖同而序相反。上反爲紅。中綠。自若而下者反黃矣。 次曰日月暈虹霓等象。皆爲圓形。其所以然者。乃出日光斜透之勢耳。凡現虹霓之時。皆背太陽所映彩色。故碧落之雲。無不變現。但人目止見一圓弧之異色。因其斜透圓弧之光道。皆離太陽及離人目。有一定之遠近故耳。如鵓鴿之頸、孔雀之翎向日。空中雖發多色。人目旁見之。必有一定之近遠。若或過或不及。則異

色俱不見矣天文家常測得虹霓之半徑爲四十五度日暈半徑爲二十二度半如甲爲日乙爲人目丙丁爲日暈中心爲庚過中心之光道甲庚乙爲日暈之軸也太陽所透周圍之光道各離日暈之中軸二十二度半而此度數以內以外之光道乙口皆不得見其所映之彩色矣月暈日珥及日月旁氣之象其彩其形皆倣此凡此類通光並生雜色之雲氣比之取火之玻璃鏡如太陽之透玻璃

鏡。近遠無不射其光。但其聚光聚火之處。在圓光之中。離玻璃後面。有一定之近遠。人目所見雲內彩色之處。亦在過不及之中耳。

凡從原光所生之彩色。皆爲次光之類。比之原光。猶燈光之比日光焉。然燈光白日淡而不顯。夜則大顯。五彩之光亦然。暗地則大顯者。是各發其所以映之異色也。夫太陽在地平之上。終日照耀四方。無不斜透空際之雲氣。而映成多色矣。凡異色于白日不顯。至晨

㪷倍覺分明。職此故耳。

測水法

水之周遶于地。同爲圓形。已詳於別集矣。並見全地圖。今略舉測水平之器。與其法而言之。夫水平人人之所知也。然水平之理。及測法之極致。則取水平者。皆有所不知焉。如五六丈之遠。以取平。難見其謬。若至數十丈。或數里之遠。并其測法俱窮矣。且測法之準與不準。所係爲甚鉅。蓋　國家之大工。如挑濬河渠。爲興利防患計者。不越乎此。夫水之通塞。分於

毫末之高庳。其說別詳於引水法論。蓋水平之與地平有異。所謂地平者。乃地上一線。與過地中心之垂線爲直角也。其線兩端。距地中心近遠不同。而與地平無礙。見一百三圖。甲丙戊丁爲地水球。甲乙線之兩端。甲與乙。去地中心戊。近遠不同。但其本線與垂線甲戊作直角。實爲地平線也。所謂地平線者。必其兩端去地中心近遠無二。如上圖內辛壬線是也。今姑舉數題以明其測法。

第一題

測定兩地同。在水平線上下若干。法曰。取其平嵜。安于兩地。互相距度數之中。見一百四圖假如測戊巳兩處。同在戊巳水平線中。否則取平儀安于丁。而從本儀左右之兩端表窺。測兩處。從右表窺向左處。從左表窺向右處。若測戊丁兩處。而儀器止安于一端如丁。則以丁戊線爲水平線。而大悞矣。若照此線引水從丁至戊。則其水必從戊向丁倒流矣。葢測定

高法。以垂線為主。而垂線以地平中心為定向。不拘何物之垂線。在地面上若干。則其本物之為高底亦若干。今戊癸線。為戊高之垂線。丁戊兩處所差之高度。則戊癸線也。戊丁兩處互相距愈遠。其差愈多。古有測山之高。而每有所悞者。多在于此。見一百五圖乙丙為高山在地面上。古用象限儀從遠處戊測其高。以目所窺于處為山頂。而以其在地平戊巳線上之垂線壬巳為山之高。但山之高。則以

其向地中心之垂線乙丙丁為主。而以其在地面上乙丙垂線。為本山之高。其測法。在測量山岳之論內詳之。今姑以測地近遠法內所列測高遠表。可推而定焉。夫定水平法。原係細微之法。若儀之安法或窺法。有分秒之差。而以測高低。則大謬矣。假如一處相距百步。而安取平儀。或窺法之誤。不過一分之數釐。而其水平線。遂差至四五尺有餘也。若測兩處高低之差。其兩處相距。倘不甚遠。則于

其適中處安儀。而依法以測之。即可以取定其平矣。若相距甚遠。須于相距處均畫數方。而于每方之居中安儀。測定左右各至之高低。然後將所測定各方左右兩處之高低。總歸于一而相比之。則可以定其相距之高低矣。測大海江河泉井等水之深淺輕重鹹淡若干。各有本法本器。另有本論詳之。

垂線球儀

垂線球何昉乎。蓋近今數十年以來。遠西之歷學名家。特創新意。而曲盡其測驗之法者也。故凡時刻之分秒纖微。天行毫末之差數。靡不于是而可悉焉。不寧惟是。舉天下運動之疾。如空際之雷响諸類也。弓所發之矢也。銃所激之彈也。皆可以測而推之也。其器較諸儀爲最簡而其爲用則甚便云。

測法三題

第一題測日月之全徑。見一百十五圖 此題甚有係於推測歷理。蓋凡定二曜之大小。及交食之分秒。地影之廣狹。與太陽太陰距地之遠近。四時并每月各有不同。以至日月與本天有最高最卑之處。大約皆用加減表等算法而定也。今以垂線球可測而定之法曰。安定三角形線。見一百十五圖 對天正南北之線。測候須以二人。如甲人測候至日月體之西弧。與南北三角形線及窺耳相參直。次乙人放垂球而

數其徃來之秒。至本羅之東弧與角線并窺

目相參直。彼時若本羅行赤道線。則以本表

查時刻之分秒。而變通于天度之分秒。即得

本經之分秒矣。若本羅離于赤道之內外。則

定其緯度與赤道平行圈相距之度分若干。

而以本圈之分秒。與相應赤道之分秒相對。

則通變之以求其分秒。即得矣。見大小圈度

相應表。

第二題測天上不拘何兩星。相距赤道經度之

分秒。法曰。照前題測候此兩星與上三角形綫相叅直。而兩中間。凡有垂球往來之分秒。照前法變度數之分秒。凡二星寀近。用他儀測候難得其相距之分秒。用此垂綫儀。則一仰觀而即得矣。

第三題凡重物自墜所行之丈尺。并求其所須時刻之分秒有再加之比例。其比例以不平分之數而明之。如一三五七九十一等。假如有重物于此。自高墜下。若第一秒內下行

一丈。則第二秒內行三丈。第三秒內行五丈。第五秒內行七丈。後行前行相并。如第一秒之行一丈。第二秒之行三丈。則并之爲四丈。又第三秒之行五丈。并于第二秒之行四丈。則共得九丈。又有八寸之垂線球於此。其一往一來而相應則十微也。設有物之重八兩者。自高墜下。則五十微內下行一丈。其遞加倣此。今依此比例之數。列表如左。

八寸垂 一一二二

線球單行 五〇五〇五

相秒 〇一二三四

應微 五四三二一 〇〇〇〇〇

重物分行丈數 一三五七九

重物總行丈數 一四九一二 六五

不平分數 一三五七九

用法

手握垂球。不急不緩。任意離之于項線。見六十四圖假如甲。自甲至乙乃釋手放之。則球之中心。恒當天頂一圈線之中。自上下徃來而離頂線。其左右則作圈線弧。如甲乙丙。而其圈之中心在于軸之中心。如戊。此圈弧短小。如將盡時。卽照前法提球而放之。令徃來一日相繼。以定時刻分秒之準則焉。但初放時。其圈弧不可太過。大略在四十五度之內。又從而

提之。不可等球徃來全盡。如將盡。則又提球而放之。各有定規。學者習而熟之。無所施而不可也。今約舉數題以解之。

第一題凡垂球一來一徃之单行。其相應之時刻分秒皆相等。又凡垂球徃來之雙行。其相應之時刻分秒亦相等。所謂单行者。即垂球之一徃。或一來也。　假若從甲至乙。為一徃之单行。從乙至甲。為一來之单行。從甲至乙。并從乙囘至甲。即徃來之雙行也。解曰。若用

測分秒之赤道大儀。或細微沙漏水漏。或本人脉息之數。而對比之。夫垂球往來之數。必觀其大弧之往來。與小弧之往來。論時刻之分秒。皆相等也。又大弧之往來疾。小弧之往來遲。遲疾不同。而其所歷時刻之秒。大弧小弧。皆相同也。又試依正南北。安定三角形線。而猜夜測候不拘爲何星而交切之。一交切。則放垂球。而數其往來至他星正交之時。則記其數若干。兩星相距愈遠。其測法愈準。次夜又測候前

兩星。交三角形線之時。又放球如前。而記其往來之數。此兩夜中。就其往來之弧大小各有不同。究之次夜所記之數。必與前一夜所記之數相同也。如法三夜連測之。其從角宿交切本三角形線。至大角星交切之。則兩間球之往來。皆至三千二百十二之數。蓋莫準於此也。

第二題有兩垂線球。除垂線長短不等。其餘相等。其短者之尺寸。與長者之尺寸。如長者往

來之方數。比短者于相等時刻往來之方數。

假如兩垂線球甲乙。甲球之垂線長一尺。乙球之垂線長二尺。試觀甲球往來八十五次之時。則乙球必往來六十次耳。然六十之方數。即三千六百。與八十五之方數。即七千二百。如一與二。夫八十五之方數。雖本為七千二百二十五。而其與前方數有微差。原從垂線往來之總數而生。若論其細分。即無差矣。蓋垂線一往一來。各有細分。但難以分別

之。又設若乙球之垂線長三尺。甲球之垂線仍一尺。則甲球六十次往來之時。乙球之往來必一百零四次。而其方數。即一萬〇千八百十六。與三千六百。約如三與一也。

第三題有兩垂線球甲乙。除垂線長短不等。其餘相等。以甲球往來之數。求乙球往來之數。

法曰。甲球往來之方數。與其垂線長之尺寸分厘相乘。而所得之商數。與乙球垂線長之尺寸分厘歸之。又歸除之商數。依開方法。

取其根差根數多寡若干。則乙球之徃來多寡若干。

第四題以垂線球之徃來。求相應之時刻分秒。

法曰。以其準定分秒之日晷。法如赤道大儀。或以兩星相距定分秒之度數。照前第一題交切南北線。求某垂線球徃來之摠數。相應天上分秒之摠數幾何。然後以三率法推定本球。每一徃一來相應之分秒幾何。依此法會製垂線球推定其一徃一來。相應天上

一秒。六十次往來。正對一分。所以一刻內。有九百往來。四刻內。共三千六百往來之數。

第五題以某垂線球相應之分秒。求他不拘大小垂球相應之分秒纖微等。　法曰。照第三題。用比例法。其一往一來。相應三十微。其往來之雙行。相應一秒。因而上第四題所定之垂球。六十次往來之時。此垂球往來一百二十次。又更加細微。亦曾另製小垂線球推定其一往一來。相應天上十微。所以六十次往來

對一秒。六十徃來對十秒。三百六十徃來對一分。若以之定自鳴鍾。雖歷二三月之久。不調其輪牌。而分秒無差。待此器至中夏之時。自詳言其用法。

第六題凡求時刻之分秒。如無諸儀叅測其細微。則隨時隨處而以本身之脉息可推而知也。葢人當氣血平和之時。其一息。大率應時刻分之一秒。如當測時。切脉而自數其息。則以其定秒推之。而以球之徃來較之。　假如

球每一往一來爲一秒而其六十次之往來爲一分當彼六十次往來之時若已之脉息亦至六十次則每一息代秒用之若有過不及之差則用比例法假如球六十次往來之時數已之脉息至六十八次則一次爲比例之共率因得三十四脉息相應三十秒十七脉息相應十五秒餘傚此葢六十八與三十四如六十與三十又六十八與十七如六十與十五同一比例之理也

第七題擬天以下之疾行比而推天以上之疾行。

近今有測量名家。依前定秒微諸法。曾驗放小鎗時。于三秒內。其弾行一百八十三丈之遠。設使此弾常飛行空中。而不斷。則必閱十一年零一百一十八日。而其所行。不能盡太陽一日所行之度也。照此推算。則六十秒。即一分。內行三千六百四十丈之遠。而六十分。即四刻內行二十一萬八千四百丈之遠。若九十六刻。即一日內行五百二十四萬

一千六百丈之遠。今以丈數歸之里數。凡二里。既爲二百一十六丈。則前所計丈數。共爲二萬四千二百六十六里一百四十丈也。然地球每一度。爲二百五十里。筭之。則天下週圍。共九萬里。而銃之彈。一日止行。二萬四千三百六十七里矣。若行至九萬里之遠。則必須三日零六十八刻有餘。曆學公論曰。地球之全徑。其在于太陽天之全徑者。如一與一千一百四十二之比例。今週與週。如徑與徑

之比例。則太陽天週圍之里數。包地週圍之里數。一千一百四十二倍也。若照前所擬銃彈行空三日而不斷。則必須四千二百三十三日。即十一年零一百一十八日。始行盡于太陽天一日內。所行一週之里數矣。又恒星天全徑。與太陽天全徑。如十二與一。則恒星天一週。包日天一週。十二倍也。故夫銃彈以行盡太陽天之數推之。則必須一百三十九年零八十四日。始行盡于恒星一日所行之

里數矣。然凡此天行之疾。則又有何所比擬哉。

作法假如六十四圖庚辛為銅橫條。釘穩于橫木梁上。令毫不動搖。壬丁戊巳為粗銅耳。中安銅軸。而軸長徑線丁戊。須與地平線平行。軸中繫垂線球。其球隨本橫軸轉動。恒當甲丙過天頂一圈線之中。徃來而不離於左右。其軸之長徑與垂球之徑相等。以便自此軸中心。至球之中心。比例而定垂線長短之尺寸分

壓其乘線爲小圈相連之銅鍊其乘條之長短其重之分兩又乘球之分兩皆須預知而準定使毫不差失而器於是乎全巳